

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2000-121661

(P 2000-121661A)

(43) 公開日 平成12年4月28日(2000. 4. 28)

(51) Int. Cl. 7

識別記号

F I

テーマコード(参考)

G 0 1 P 15/09

G 0 1 P 15/09

H 0 1 L 41/08

H 0 1 L 41/08

Z

審査請求 未請求 請求項の数6

O L

(全9頁)

(21) 出願番号 特願平10-297146

(22) 出願日 平成10年10月19日(1998. 10. 19)

(71) 出願人 000006231

株式会社村田製作所

京都府長岡京市天神二丁目26番10号

(72) 発明者 多保田 純

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式

会社村田製作所内

(74) 代理人 100086597

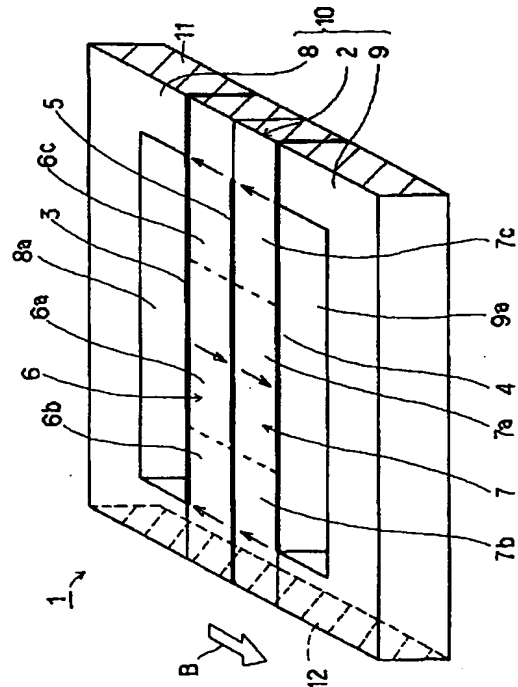
弁理士 宮▼崎▲ 主税

(54) 【発明の名称】 加速度センサ及び加速度検出装置

(57) 【要約】

【課題】 小型化を妨げることなく、静電容量の増大を図ることができ、それによって低周波数の加速度を高精度に検出でき、さらに電荷感度の低下が生じ難い加速度センサを得る。

【解決手段】 第1, 第2の端部を有する短冊状の圧電体2を有し、圧電体2の対向し合う一对の主面に第1, 第2の信号取出し電極3, 4が形成されており、一对の主面を結ぶ方向の中間に第1, 第2の信号取出し電極3, 4と対向し合うように中間電極5が形成されており、圧電体2が第1, 第2の支持部材8, 9により両端で支持されており、圧電体2の中央領域において圧電体が厚み方向に分極処理されており、第1, 第2の信号取出し電極3, 4が圧電体2の第1の端部に引き出されており、中間電極5が圧電体の第2の端部に引き出されている、加速度センサ1。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1, 第2の端部を有する短冊状の圧電体と、

前記圧電体の対向し合う一対の主面に形成された第1, 第2の信号取出し電極と、

前記圧電体の一対の主面を結ぶ方向の中間位置において第1, 第2の信号取出し電極と対向し合うように形成された中間電極と、

前記圧電体を両端で挟持して支持するように圧電体の第1, 第2の主面にそれぞれ固定された第1, 第2の支持部材とを備え、

前記圧電体の中央領域において、圧電体が厚み方向に分極処理されており、

前記第1, 第2の信号取出し電極が圧電体の第1の端部に引き出されており、

前記中間電極が圧電体の第2の端部に引き出されている、加速度センサ。

【請求項2】 前記圧電体の中央領域が厚み方向に分極処理されており、圧電体の長さ方向において該中央領域を挟んだ両側の外側領域が中央領域とは厚み方向において逆方向に分極処理されている、請求項1に記載の加速度センサ。

【請求項3】 前記圧電体が、共に短冊状とされた上で、主表面のそれぞれに信号取出し電極及び中間電極が形成された一対の圧電セラミック板を、中間電極同士を対面接合することにより構成されている、請求項1または2に記載の加速度センサ。

【請求項4】 前記圧電体と、前記第1, 第2の支持部材とが接合されてセンサ本体が構成されており、該センサ本体の圧電体の第1, 第2の端部側の第1, 第2の端面にそれぞれ第1, 第2の外部電極が形成されている、請求項1～3のいずれかに記載の加速度センサ。

【請求項5】 請求項1～4のいずれかに記載の加速度センサと、

前記加速度センサと電氣的に並列に接続されたリーク抵抗と、

前記リーク抵抗の両端の電圧を増幅する増幅器とを備えることを特徴とする、加速度検出装置。

【請求項6】 請求項1～4のいずれかに記載の加速度センサの出力に接続された電荷増幅器をさらに備えることを特徴とする、加速度検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、加速度センサ及び加速度検出装置に関し、より詳細には、圧電バイモルフ型の加速度センサ及び該加速度センサを用いた加速度検出装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、バイモルフ型圧電素子を用いた加速度センサが種々提案されている。例えば、特開平6-

324073号公報には、図5に示す加速度センサ51が開示されている。

【0003】 加速度センサ51では、図示の矢印方向に分極処理された圧電板52, 53が用いられている。圧電板52, 53は、短冊状の形状を有し、長さ方向中央部52a, 53aが厚み方向において互いに逆方向に分極処理されている。

【0004】 また、図示の破線で示す部分の外側領域52b, 52cは、中央領域52aとは厚み方向において逆方向に分極処理されている。圧電板53においても、中央領域53aの両側に配置された外側領域53b, 53cは、中央領域53aとは厚み方向において逆方向に分極処理されている。従って、互に対向し合っている外側領域52bと外側領域53bとが、並びに外側領域52cと外側領域53cとが、それぞれ、厚み方向において互いに逆方向に分極処理されている。

【0005】 他方、圧電板52, 53の各外側主面には、信号取出し電極54, 55がそれぞれ形成されている。また、圧電板52と圧電板53とが対面接合されている部分において中間電極56が形成されている。中間電極56は、圧電板52, 53の両端には至らないように形成されている。

【0006】 他方、信号取出し電極54は、圧電板52の一方端に引き出されており、信号取出し電極55は、圧電板53の外側主面において、信号取出し電極54が引き出されている側とは反対側の端部に引き出されている。

【0007】 圧電板52, 53の外側には、それぞれ、略コの字状の支持部材57, 58が接合されている。支持部材57, 58が接合されることにより、圧電板52, 53を接合した構造が、両端近傍で支持されている。

【0008】 また、上記圧電板52, 53及び支持部材57, 58を接合した構造の一方端面には外部電極59が形成されており、外部電極59は信号取出し電極55に電氣的に接続されている。同様に、外部電極59が形成されている側とは反対側の端面にも図示しない外部電極が形成されており、この外部電極は信号取出し電極54に電氣的に接続される。

【0009】 加速度センサ51では、図示の矢印A方向に加速度が作用した場合、圧電板52, 53が屈曲し、該屈曲により生じた電荷が信号取出し電極54, 55から取り出され、加速度を検出することができる。この加速度センサ51は、圧電板52, 53が両端近傍で支持された構造であるため、加速度が作用した際の電荷発生量が増大され、それによって小型化を図った場合でも検出感度の低下が生じ難いとされている。

【0010】 ところで、加速度センサ51では、小型化及び検出感度の向上を図り得るものの、電極間の静電容量が小さく、従って低い周波数の加速度を測定するのが

困難であるという問題があった。これを具体的に説明する。

【0011】加速度センサ51における信号取出し電極54と中間電極56との間、中間電極56と信号取出し電極55との間、並びに、一対の外部電極間において、*

* 矢印A方向に加速度が作用した場合の発生電圧及び静電容量を、下記の表1に示すように、それぞれ、 V_1 、 V_2 、 V_P 、 C_1 、 C_2 、及び C_P とする。

【0012】

【表1】

電極間	発生電圧	静電容量
信号取出し電極54－中間電極56	V_1	C_1
中間電極56－信号取出し電極55	V_2	C_2
一対の外部電極間	V_P	C_P

【0013】ここで、圧電板52、53の厚み、長さ及び幅を同一とした場合、 $V_1 = V_2$ 及び $C_1 = C_2$ となる。従って、 V_1 、 V_2 を V_0 、 C_1 、 C_2 を C_0 と表すと、加速度センサ51における矢印A方向に加速度が作用した場合の発生電圧 V_P は、 $V_P = 2V_0$ であり、静電容量 C_P は $C_P = C_0 / 2$ となる。

【0014】他方、上記加速度センサ51を用いて加速度を検出する場合、加速度センサ51のインピーダンスが比較的高いため、通常、電圧増幅器または電荷増幅器を使用するのが普通である。図6は、この種の電圧増幅器を接続した加速度検出回路を示す回路図である。

【0015】図6において、加速度センサ51に並列にリーク抵抗Rが接続されている。また、加速度センサ51の出力側が、ボルテージフォロワ60の一方入力端に接続されている。また、ボルテージフォロワ60の出力端と他方入力端とが接続されている。

【0016】上記加速度検出装置では、出力電圧 V_{OUT} ＝増幅器入力電圧 V_i ＝加速度センサにおける発生電圧 V_P であり、ボルテージフォロワ60の出力は、十分に低いインピーダンスに変換される。

【0017】ところが、上記ボルテージフォロワ60を構成する、例えばオペアンプやFETなどでは、入力端子から流れ出すバイアス電流 i_B が存在するため、上述したリーク抵抗Rを接続する必要がある。すなわち、リーク抵抗Rを接続しなければ、加速度センサ51の静電容量に充電され続け、電圧が飽和することになる。従って、上記リーク抵抗Rが必要である。

【0018】ところが、リーク抵抗Rは、圧電板52、53で発生した電荷をもリークさせる。すなわち、加速度の変化がゆっくりである場合、極端な場合直流の場合には、電圧 V_P が発生する前に電荷がリークしてしまうことになる。従って、所定の検出電圧が得られなくなる。これを、周波数特性で表すと、図7に示すとおりとなる。

【0019】図7は、上述した加速度検出回路を用いた場合の作用した加速度の周波数と、ボルテージフォロワ60に入力される電圧 V_i との関係を示す。図7において、 f_c は、カットオフ周波数を示す。ここで、カット

オフ周波数 f_c は $f_c = 1 / (2\pi R C_P)$ で求められる。

【0020】従って、上記カットオフ周波数 f_c より低い周波数の加速度を測定するには、Rを大きくすること、及び／または容量 C_P を大きくする必要がある。ところが、抵抗Rを大きくすると、ボルテージフォロワ60のオフセット電圧が増大し、これを低減するには、バイアス電流の小さいオペアンプなどをボルテージフォロワとして使用する必要があり、コストが高つくことになる。

【0021】また、バイアス電流の小さいオペアンプを用いることが可能であるとしても、例えば10MΩを超える大きなリーク抵抗Rを接続すると、リーク抵抗Rが接続されるプリント基板をも含めて高度な耐湿対策が必要となる。従って、リーク抵抗Rの抵抗値を大きくするにも種々の制約があった。

【0022】他方、容量 C_P は、圧電板52、53の形状及び圧電板52、53を構成する材料の比誘電率 ϵ により決定される。すなわち、 $C_P = \epsilon W \cdot L / T$ である。ここで、W、L及びTは、それぞれ、圧電板52、53の幅、長さ及び厚みを示す。

【0023】ところが、厚みTを薄くすると機械的強度が低下するため、厚みTを薄くするには限界がある。従って、従来、容量 C_P を高めるためには、幅W及び／または長さLを大きくする必要があった。しかしながら、このような方法では、加速度センサ51の外形寸法が大きくなり、かつコストも高つく。

【0024】なお、図8に示すように電荷増幅器を用いた場合においても、オペアンプ61に並列に接続されるリーク抵抗R及び容量Cを接続する必要がある、低周波数の加速度を測定する場合には、上記リーク抵抗R及び容量Cを大きくする必要があった。ところが、増幅器の出力 V_{OUT} は $V_{OUT} = Q_P / C$ で決定されるので、大きな出力電圧を得るには、容量Cを必要以上に大きくすることはできなかった。

【0025】また、図9に示すように、2枚の圧電素子を並列接続した加速度センサも従来より知られている。図9に示す加速度センサ71では、厚み方向に分極処理

された圧電板 72, 73 が貼り合わされている。圧電板 72 の上面には、信号取出し電極 74 が、圧電板 73 の下面には信号取出し電極 75 が形成されている。圧電板 72, 73 の接合面には、中間電極 76 が形成されている。

【0026】ここでは、加速度センサ 71 を取り付ける基板 77 上に導電パターン 78, 79 が形成されている。導電パターン 78 に、信号取出し電極 75 が接続されている。同様に、信号取出し電極 74 についても、リード線 80 を介して導電パターン 78 に接続されている。中間電極 76 は、圧電板 72, 73 の間から外側に引き出されており、かつリード線 81 を介して導電パターン 79 に接続されている。

【0027】加速度センサ 71 は、一端近傍において、信号取出し電極 75 が導電パターン 78 に接合されることにより、片持梁態様で支持されている。上記加速度センサ 71 では、圧電板 72, 73 を用いた圧電素子が並列に接続されており、静電容量は高められるものの、上記のように片持梁態様で加速度センサ 71 を支持しているため、信号取出し電極 74, 75 及び中間電極 76 からの信号の取出しに必要な電氣的接続構造が非常に複雑であり、コストが高くつくという問題があった。

【0028】また、上記加速度センサ 71 においては、さらにコンデンサを付加することにより、容量を増大させることができる。このような回路を、図 10 に示す。図 10 に示すように、加速度センサ 71 に並列にコンデンサ C_c が接続されている。この加速度センサ 71 とコンデンサ C_c の後段に、図 6 に示したのと同様に、リーク抵抗 R 及びボルテージフォロウ 60 が接続されている。ここで、コンデンサ C_c の容量を加速度センサ 71 の容量 C_p の 3 倍に設定した場合、カットオフ周波数 $f_c = 1 / (2\pi \cdot R \cdot 4C_p)$ となり、カットオフ周波数 f_c を $1/4$ にすることができる。しかしながら、この場合、逆に、発生電圧 V_i は、 $V_i = Q_p / (4C_p) = V_o \cdot C_p / (4 \cdot C_p) = V_o / 4$ となる。すなわち、発生電圧 V_i が $1/4$ 倍に低下してしまう。

【0029】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、従来の直列接続型の加速度センサ 51 は、圧電板 52, 53 を貼り合わせてなる構造を有し、圧電板 52, 53 を両端近傍で支持しているため、感度の向上及び小型化を図り得るものの、低い周波数の加速度を検出することが困難であり、低い周波数の加速度を検出しようとする、小型化を図ることができず、かつコストが高くつくという問題があった。

【0030】また、図 9 に示した並列接続型の従来の加速度センサ 71 では、片持梁態様で支持されており、耐機械的衝撃性が低いだけでなく、信号取出しに際しての電氣的接続構造が複雑であり、コストが高くつくという問題があった。加えて、外付けのコンデンサ C_c を接続

して静電容量の増大を図り、低周波数の加速度を検出しようとした場合には、発生電圧 V_i が小さくなるという問題があった。

【0031】本発明の目的は、上述した従来技術の欠点を解消し、小型化を妨げることなく、静電容量の増大を図ることができ、それによって低周波数の加速度を高精度に検出することができ、さらに電荷感度の低下が生じ難い加速度センサ及び加速度検出装置を提供することにある。

【0032】

【課題を解決するための手段】請求項 1 に記載の発明に係る加速度センサは、第 1, 第 2 の端部を有する短冊状の圧電体と、前記圧電体の対向し合う一対の主面に形成された第 1, 第 2 の信号取出し電極と、前記圧電体の一対の主面を結ぶ方向の中間位置において第 1, 第 2 の信号取出し電極と対向し合うように形成された中間電極と、前記圧電体を両端で挟持して支持するように圧電体の第 1, 第 2 の主面にそれぞれ固定された第 1, 第 2 の支持部材とを備え、前記圧電体の中央領域において、圧電体が厚み方向に分極処理されており、前記第 1, 第 2 の信号取出し電極が圧電体の第 1 の端部に引き出されており、前記中間電極が圧電体の第 2 の端部に引き出されていることを特徴とする。

【0033】請求項 2 に記載の発明では、前記圧電体の中央領域が厚み方向に分極処理されており、圧電体の長さ方向において該中央領域を挟んだ両側の外側領域が中央領域とは厚み方向において逆方向に分極処理されている。

【0034】請求項 3 に記載の発明では、前記圧電体が、共に短冊状とされた上で、主表面のそれぞれに信号取出し電極及び中間電極が形成された一対の圧電セラミック板を、中間電極同士を対面接合することにより構成されている。

【0035】請求項 4 に記載の発明に係る加速度センサでは、前記圧電体と、前記第 1, 第 2 の支持部材とが接合されてセンサ本体が構成されており、該センサ本体の圧電体の第 1, 第 2 の端部側の第 1, 第 2 の端面にそれぞれ第 1, 第 2 の外部電極が形成されている。

【0036】請求項 5 に記載の発明に係る加速度検出装置は、請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の加速度センサと、前記加速度センサと電氣的に並列に接続されたリーク抵抗と、前記リーク抵抗の両端の電圧を増幅する増幅器とを備えることを特徴とする。

【0037】請求項 6 に記載の発明に係る加速度検出装置は、請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の加速度センサの出力に接続された電荷増幅器をさらに備えることを特徴とする。

【0038】

【発明の実施の形態】図 1 は、本発明の一実施例に係る加速度センサを説明するための斜視図である。

【0039】加速度センサ1は、短冊状の圧電体2を用いて構成されている。圧電体2は、例えばチタン酸ジルコン酸鉛系セラミックスのような圧電セラミックスにより構成されている。

【0040】圧電体2の一方主面には、第1の信号取出し電極3が形成されている。第1の信号取出し電極3が形成されている主面とは対向し合う反対側の主面に第2の信号取出し電極4が形成されている。また、圧電体2の厚み方向（厚み方向とは一対の主面を結ぶ方向をいうものとする）中間位置に第1、第2の信号取出し電極3、4と対向し合うように中間電極5が形成されている。

【0041】すなわち、第1の信号取出し電極3と中間電極5が圧電体層6を介して厚み方向に対向されており、中間電極5と第2の信号取出し電極4とが圧電体層7を介して厚み方向に対向されている。

【0042】なお、圧電体層6、7をそれぞれ焼成済の圧電セラミック板で構成し、一対の圧電セラミック板を中間電極5を介して貼り合わせることで、すなわち対面接合することにより圧電体2を構成してもよい。

【0043】圧電体層6においては、中央領域6aが図示の矢印方向で示すように厚み方向に分極処理されている。他方、圧電体層6の中央領域6aの両側の外側領域6b、6cは、中央領域6aとは厚み方向において逆方向に分極処理されている。

【0044】圧電体層7においては、中央領域7aが圧電体層6の中央領域6aと同じ方向に分極処理されており、外側領域7b、7cが圧電体層6b、6cと同じ方向に分極処理されている。

【0045】なお、中央領域6a、7aと、外側領域6b、6c、7b、7cとの境界を、図1において破線で示すこととする。本実施例では、信号取出し電極3、4は、圧電体2の第1の端部に引き出されており、中間電極5が圧電体2の第1の端部とは反対側の端部である第2の端部に引き出されている。従って、圧電体層6、信号取出し電極3及び中間電極5で構成される圧電素子と、圧電体層7、中間電極5及び信号取出し電極4で構成される圧電素子とが並列に接続されている。

【0046】また、圧電体2を両端近傍で支持するために、圧電体2の信号取出し電極3が形成されている側の主面に第1の支持部材8が固定されている。同様に、圧電体2の信号取出し電極4が形成されている側の主面に第2の支持部材9が固定されている。

【0047】支持部材8、9は、圧電体2の両端近傍において、圧電体2の主面に固定されているが、支持部材

8、9には、それぞれ、凹部8a、9aが形成されている。すなわち、凹部8a、9aは、圧電体2の両端で支持されている部分間において、図示の矢印B方向に加速度が作用した際に、圧電体2の両端で支持されている部分間の領域を変位させるために設けられている。

【0048】上記支持部材8、9を構成する材料については、特に限定されず、例えば絶縁性セラミックス、合成樹脂などの適宜の部材により構成することができる。また、圧電体2に、支持部材8、9を固定することにより、センサ本体10が構成されている。このセンサ本体10の第1の端面に第1の外部電極11が形成されており、第1の端面とは対向する第2の端面に第2の外部電極12が形成されている。すなわち、圧電体2の第1の端部側に上記第1の端面が構成されており、従って信号取出し電極3、4が外部電極11に電気的に接続されている。同様に、センサ本体10の第2の端面は、圧電体2の第2の端部側に位置しており、外部電極12が中間電極5に電気的に接続されている。

【0049】加速度センサ1では、矢印B方向に、すなわち圧電体2の厚み方向に加速度が作用した場合、支持部材8、9で両端近傍が支持されている圧電体2の支持されている部分間の領域が変位し、該変位に基づく電荷が信号取出し電極3、4と中間電極5とで取り出される。この場合、中央領域6a、7aと、外側領域6b、6c、7b、7cとが逆方向に分極処理されているため、圧電体2の屈曲変位に基づいて発生した電荷により、より大きな電圧を送り出すことができる。

【0050】もっとも、図4に斜視図で示す変形例のように、圧電体層6、7は、上記のように分極処理されている必要は必ずしもなく、圧電体層6、7が、いずれも厚み方向において全領域が同じ方向に分極処理されていてもよい。もっとも、図1に示した実施例のように分極処理することにより、上述したように検出感度を高めることができ、好ましい。

【0051】本実施例の加速度センサ1を用いることにより、従来の加速度センサ51に比べて、より低周波数の加速度を効果的に検出し得ることを説明する。加速度センサ1における信号取出し電極3と中間電極5との間、中間電極5と信号取出し電極4との間、並びに第1、第2の外部電極11、12間において、矢印B方向に加速度が作用した場合の発生電圧及び静電容量を、それぞれ、 V_1 、 V_2 、 V_F 、 C_1 、 C_2 及び C_F とする。

【0052】

【表2】

10

20

30

40

電極間	発生電圧	静電容量
信号取出し電極 3 - 中間電極 5	V_1	C_1
中間電極 5 - 信号取出し電極 4	V_1	C_1
外部電極 11 - 外部電極 12	V_P	C_P

【0053】いま、圧電体層 6, 7 の寸法が同じである場合、 $V_1 = V_2$ であり、かつ $C_1 = C_2$ となる。従って、 V_1 , V_2 を V_0 、 C_1 及び C_2 を C_0 と置き換える。従って、加速度センサ 1 における発生電圧 $V_P = V_0$ となり、静電容量 C_P は、 $C_P = 2C_0$ となる。よって、図 5 に示した従来の加速度センサ 51 に比べると、発生電圧は $1/2$ 倍であるが、静電容量が 4 倍と非常に大きくされる。また、発生電荷 Q_P は、 $Q_P = 2 \cdot V_0 \cdot C_0$ となり、従来の加速度センサ 51 に比べて 2 倍となる。すなわち、電荷感度は 2 倍に向上する。

【0054】よって、本実施例の加速度センサ 1 を用いることにより、従来の加速度センサ 51 に比べて、外形寸法を大きくすることなく、静電容量の増大及び電荷感度の向上を図ることができる。特に、静電容量については、従来の加速度センサ 51 の静電容量の 4 倍となるため、カットオフ周波数を $1/4$ に下げることができ、低周波の加速度を効果的に検出し得ることがわかる。

【0055】また、加速度センサ 1 では、上記のように支持部材 8, 9 を圧電体 2 の両端近傍に固定し、センサ本体 10 が構成されており、センサ本体 10 の対向し合う第 1, 第 2 の端面に外部電極 11, 12 が形成されている。従って、圧電体 2 に設けられた信号取出し電極 3, 4 及び中間電極 5 からの電極引出し構造を簡略化することができる。

【0056】なお、加速度センサ 1 では、上記のように発生電圧は従来の加速度センサ 51 の $1/2$ 倍と低下していたが、この発生電圧 V_P については、図 10 で示したようにコンデンサ C を追加したことにより静電容量を高めた従来例に比べれば 2 倍となる。すなわち、コンデンサ C を付加することにより、より低い周波数の加速度を測定しようとした従来例に比べると、発生電圧 V_P を 2 倍にし得ることがわかる。

【0057】従って、同じ大きさの加速度センサを構成した場合、従来例に比べて、より低い周波数の加速度を効率良く検出できると共に、外付けのコンデンサを必要とせずに上記のように低周波数の加速度を検出し得ることがわかる。

【0058】図 2 は、加速度センサ 1 を用いた加速度検出装置の一例の回路図を示す。本実施例の加速度検出装置では、加速度センサ 1 に並列にリーク抵抗 R が接続されている。すなわち、加速度センサ 1 の一方の外部電極がアース電位に接続されており、リーク抵抗 R の一方端もアース電位に接続されている。また、加速度センサ 1

の他方の電極、すなわち出力側の電極に、抵抗 R の他方端が接続されている。

【0059】加速度センサ 1 及び抵抗 R_1 の出力側が上記のように共通接続されており、かつオペアンプ 21 の一方入力端に接続されている。オペアンプ 21 の他方入力端には、アース電位との間に抵抗 R_1 が接続され、また、抵抗 R_1 とボルテージフォロワ 21 の他方入力端との間の接続点 22 と、オペアンプ 21 の出力側との間に抵抗 R_2 が接続されて、正転アンプを構成している。

【0060】本実施例の加速度検出装置において、低周波数の加速度を効率良く検出し得ることを説明する。上記回路構成において、 $(R_1 + R_2) / R_1 = K$ とおくと、加速度検出装置の出力電圧 V_{OUT} は、 $V_{OUT} = V_P \cdot K = V_0 \cdot K$ となる。また、カットオフ周波数 f_c は、 $f_c = 1 / (2\pi C_P \cdot R) = 1 / \{2(2\pi C_0 \cdot R)\}$ となる。なお、ここで $K = 1$ としたボルテージフォロワを用いることもできる。

【0061】また、バイアス電流 i_B によるオペアンプ 21 の出力端におけるオフセット電圧 V_{off} は、 $V_{off} = R \cdot i_B \cdot K$ となる。従って、増幅率 K 及びリーク抵抗の抵抗値 R は、出力電圧 V_{OUT} 、カットオフ周波数 f_c 及びオフセット電圧 V_{off} と相互に影響する。例えば、増幅率 K を高めたり、あるいはカットオフ周波数 f_c を低下させるために、リーク抵抗 R_1 の抵抗値を大きくすると、オフセット電圧 V_{off} が大きくなる。従って、通常、より重要な特性を重視し、かつ全体の整合性を図るように、回路定数を設定すればよい。

【0062】次に、上記加速度検出装置を、図 10 に示した従来の加速度検出装置と比較することとする。ここでは、出力電圧とカットオフ周波数とが上記実施例の場合と同一となるように K 及び抵抗 R の抵抗値を設定し、従来例におけるオフセット電圧 V_{off} を求める。

【0063】従来例では、 $V_{OUT} = V_P \cdot K = 2V_0 \cdot K$ であるため、 K は $1/2$ 倍と小さくし得る。また、カットオフ周波数 $f_c = 1 / (2\pi \cdot C_P \cdot R) = 1 / \{2\pi \cdot (C_P / 4) \cdot R\}$ であるため、抵抗 R は 4 倍とする必要がある。従って、オフセット電圧 V_{off} は、 $V_{off} = (4R \times i_B \times K / 2) = 2(R \cdot i_B \cdot K)$ となる。よって、従来例では、上記実施例の場合に比べてオフセット電圧 V_{off} が 2 倍に悪化することになる。

【0064】なお、上記比較では、オフセット電圧 V_{off} に着目したが、これはあくまでも一例であり、他の 2 つの定数を優先的に設定したとしても、従来例では、

残りの1つの定数が悪化することになる。

【0065】また、図2では、リーク抵抗Rの両端の電圧を増幅する増幅器を用いることにより加速度検出装置を構成したが、図3に示すように、電荷増幅器を用いて加速度検出装置を構成してもよい。ここでは、加速度センサ1の出力が電荷増幅器としてのオペアンプ31の一方入力端に接続されている。オペアンプ31の他方入力端はアース電位に接続されている。また、オペアンプ31の一方入力端、すなわち加速度センサ1に接続されている側の入力端と、オペアンプ31の出力端との間に、抵抗R及びコンデンサCが互いに並列に接続されている。

【0066】図3に示した加速度検出装置においては、加速度センサ1による発生電荷が従来例に比べて2倍とされているので、電荷増幅器の出力電圧も2倍とされる。

【0067】

【発明の効果】請求項1に記載の発明によれば、短冊状の圧電体の対向し合う一対の主面に第1、第2の信号取出し電極が形成されており、該圧電体の一対の主面を結ぶ方向中間において第1、第2の信号取出し電極と対向し合うように中間電極が形成されており、該圧電体が第1、第2の支持部材により両端で支持されており、第1、第2の信号取出し電極が圧電体の第1の端部に引き出されており、中間電極が圧電体の第2の端部に引き出されている。従って、圧電体に加速度が作用した場合、発生した電荷に基づく電圧が、第1、第2の信号取出し電極と、中間電極との間で取り出される。この場合、中間電極の両側の圧電体層が並列に接続されていることとなるため、加速度センサの静電容量が大きくなり、それによって低周波数の加速度を、加速度センサの小型化を妨げることなく高精度に検出することができると共に、電荷感度の低下も生じ難い。

【0068】また、上記第1、第2の信号取出し電極が圧電体の第1の端部に引き出されており、中間電極が圧電体の第2の端部に引き出されているので、外部との電気的接続も容易である。

【0069】請求項2に記載の発明では、圧電体の中央領域が厚み方向に分極処理されており、圧電体の長さ方向において、該中央領域を挟んだ両側の外側領域が中央領域と厚み方向において逆方向に分極処理されているので、作用した加速度により発生した電荷に基づく電圧をより効果的に取り出すことができ、低周波数の加速度をより高精度に測定することができる。

【0070】請求項3に記載の発明では、圧電体が、共に短冊状とされた上で、主表面のそれぞれに信号取出し電極及び中間電極が形成された一対の圧電セラミック板を、中間電極同士を対面接合することにより構成されているので、既に焼成された一対の圧電セラミック板を用いて導電性接着剤または電気的導通が取れる程度の極薄

い絶縁性接着剤を用いて接合することにより、本発明における上記圧電体を容易に構成することができる。

【0071】請求項4に記載の発明では、圧電体と、第1、第2の支持部材とが接合されてセンサ本体が構成されており、該センサ本体の圧電体の第1、第2の端部側の第1、第2の端面にそれぞれ、第1、第2の外部電極が形成されているので、第1、第2の外部電極から加速度が作用した際の出力電圧を容易に取り出すことができると共に、外部との電気的接続の容易化を図り得る。

【0072】請求項5に記載の発明に係る加速度検出装置では、本発明に係る加速度センサと、該加速度センサと電気的に並列に接続されたリーク抵抗と、リーク抵抗の両端の電圧を増幅する増幅器とを備えるため、低周波数の加速度を高精度に測定することができると共に、リーク抵抗の抵抗値、増幅時における増幅度を調整することにより、カットオフ周波数を所望の値に容易に調整することができる。

【0073】また、請求項6に記載の発明では、加速度センサの出力段に電荷増幅器が接続されているので、より大きな出力電圧を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例に係る加速度センサの斜視図。

【図2】図1に示した実施例の加速度センサを用いた加速度検出装置の回路構成を示す図。

【図3】図1に示した加速度センサの出力段に電荷増幅器を接続してなる加速度検出装置を説明するための回路図。

【図4】図1に示した加速度センサの変形例を示す斜視図。

【図5】従来の加速度センサの一例を示す斜視図。

【図6】従来の加速度センサに増幅回路を接続してなる従来の加速度検出装置の回路図。

【図7】従来の加速度検出装置における作用した加速度の周波数と、増幅器入力電圧との関係を説明するための図。

【図8】従来の加速度センサに電荷増幅器を接続してなる加速度検出装置の回路図。

【図9】従来の並列接続型加速度センサを説明するための表面断面図。

【図10】従来の加速度センサに並列に抵抗を接続し、低周波数の加速度を測定するように構成された加速度検出装置の回路図。

【符号の説明】

1…加速度センサ

2…圧電体

3、4…第1、第2の信号取出し電極

5…中間電極

6a、7a…中央領域

6b、6c、7b、7c…外側領域

13

8, 9...第1, 第2の支持部材

10...センサ本体

11, 12...第1, 第2の外部電極

21...オペアンプ

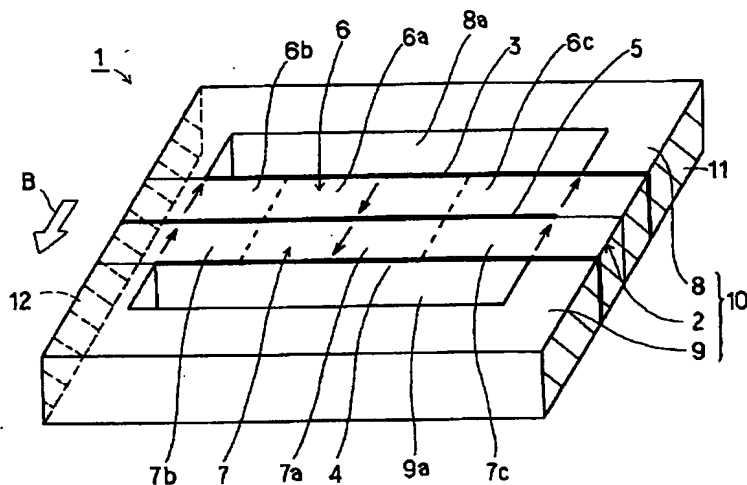
22...増幅器

31...オペアンプ

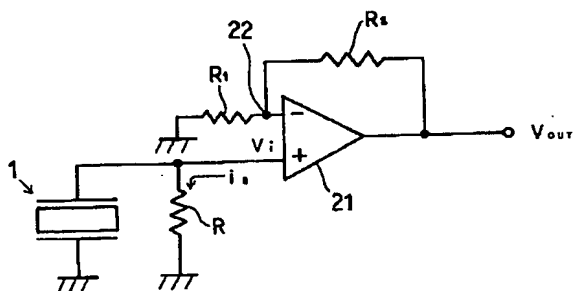
32...電荷増幅器

 R_1 ...リーク抵抗

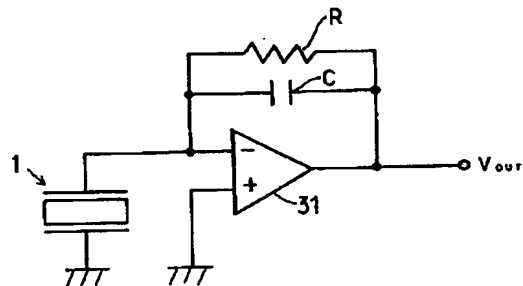
【図1】



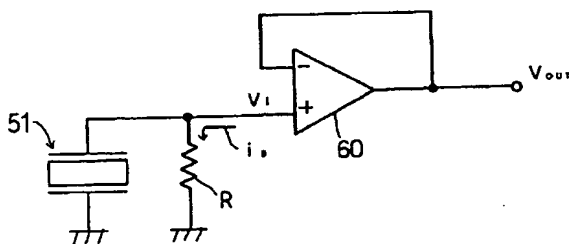
【図2】



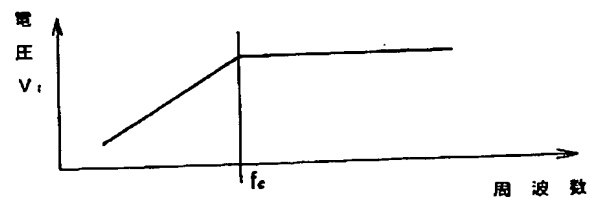
【図3】



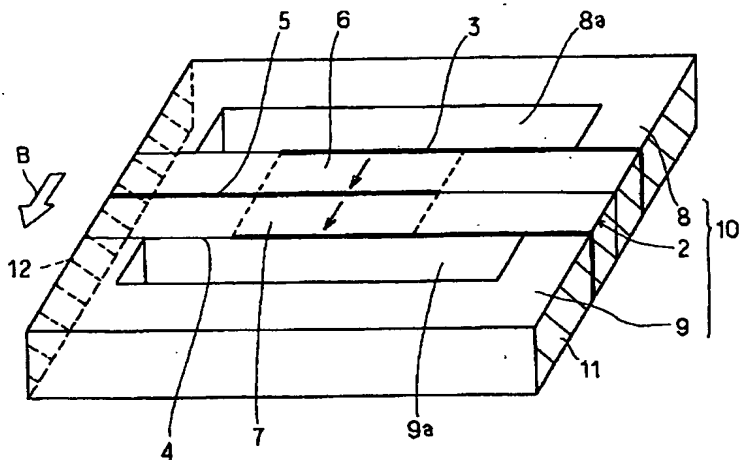
【図6】



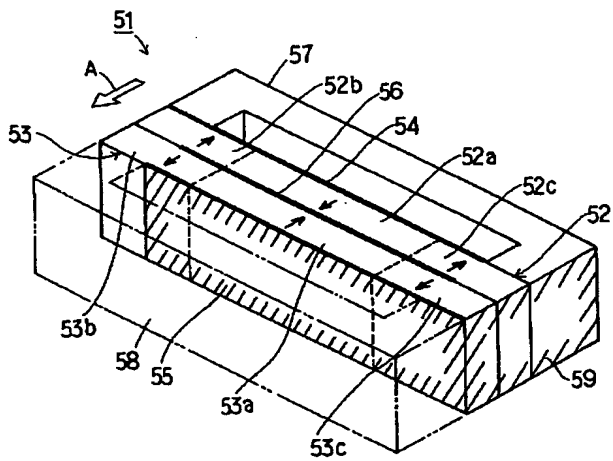
【図7】



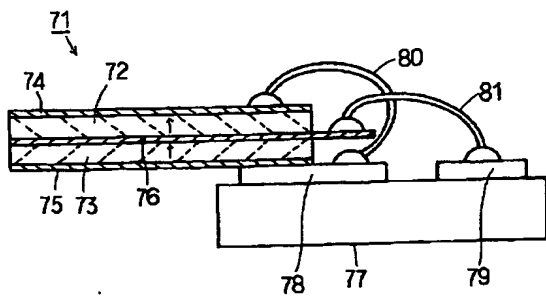
【図 4】



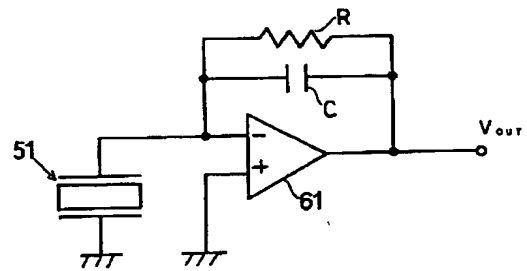
【図 5】



【図 9】



【図 8】



【図 10】

